



GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO QUARTZO MONZODIORITO GLÓRIA, CINTURÃO MINEIRO, PORÇÃO SUL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO, ESTADO DE MINAS GERAIS ¹

(Com 15 figuras)

CIRO ALEXANDRE ÁVILA ²
WILSON TEIXEIRA ³
RONALDO MELLO PEREIRA ⁴

RESUMO: A região entre as cidades de Lavras e Conselheiro Lafaiete, na borda meridional do Cráton São Francisco, é caracterizada pela presença de diversos corpos plutônicos félsicos e máficos, que encontram-se relacionados à evolução paleoproterozóica do Cinturão Mineiro. Dentre os corpos máficos, destaca-se o Quartzo Monzodiorito Glória, que ocorre encaixado em anfibolitos e rochas metassedimentares da Faixa *Greenstone* Rio das Mortes. Este corpo apresenta enclaves de rochas metaultramáficas e anfibolitos, além de ser cortado por pegmatitos, diques e apófises correlacionados ao Granitóide Ritápolis. As rochas do Quartzo Monzodiorito Glória foram subdivididas em três fácies granulométricas (fina, fina/média, média), que são mesocráticas e abrangem litótipos dioríticos, quartzo dioríticos, quartzo monzodioríticos, tonalíticos e, muito restritamente, quartzo monzoníticos. Sugere-se que as rochas dessas três fácies poderiam ser membros cogenéticos de uma associação ígnea originada a partir da diferenciação de um magma subcalino andesítico/diorítico. A mineralogia primária do Quartzo Monzodiorito Glória foi parcialmente substituída por uma paragênese metamórfica de fácies xisto verde, representada principalmente por actinolita, albita, titanita e epidoto. Fluidos potássicos relacionados aos diques do Granitóide Ritápolis proporcionaram o crescimento metassomático de biotita a partir da substituição da actinolita de origem metamórfica. Propõe-se que as transformações metamórficas e metassomáticas potássicas estariam associadas ao intervalo entre 2.131 ± 4 Ma e 2.121 ± 7 Ma e, desta forma, relacionadas à evolução paleoproterozóica do Cinturão Mineiro.

Palavras-chave: petrografia; metamorfismo; metassomatismo; Cinturão Mineiro; Paleoproterozóico.

ABSTRACT: Geology and petrography of the Glória Quartz-Monzodiorite, Mineiro Belt, southern portion of the São Francisco Craton, Minas Gerais State.

Mafic and felsic plutons of the Mineiro Belt occur nearby the Lavras and Conselheiro Lafaiete cities, in the southern portion of the São Francisco Craton. The Glória Quartz-Monzodiorite is a small mafic intrusion (9km²) emplaced into schists, metapelites, and amphibolites associated with the Rio das Mortes Greenstone Belt. This pluton bears ultramafic and amphibolite xenoliths, and is intruded by pegmatite and granitic dikes of the Ritápolis Granitoid. The Glória Quartz-Monzodiorite includes diorites, quartz-diorites, quartz-monzodiorites, and tonalites. These rocks are subdivided into three coeval granulometric facies that may represent members of associated subalkaline series resulting from differentiation of a parental andesitic/dioritic liquid. The primary mineral assemblage of the Glória Quartz-Monzodiorite was overprinted by a greenschist metamorphic paragenesis composed of actinolite, albite, sphene, and epidote. Actinolite was further replaced by metassomatic biotite taken as derived from a potassic fluid influx associated with pegmatite and granitic dikes of the Ritápolis Granitoid. The metamorphic and metassomatic mineral assemblages of the Glória Quartz-Monzodiorite may have taken place in the 2.131 ± 4 Ma and 2.121 ± 7 Ma time range, according to available minimum ages from the crystallization of Brumado Diorite and Ritapolis Granitoid. Therefore, both processes are probably tectonically related with the Paleoproterozoic evolution of the Mineiro Belt.

Key words: Petrographic; metamorphic; metassomatism; Mineiro Belt; Paleoproterozoic.

¹ Submetido em 04 de outubro de 2002. Aceito em 11 de julho de 2003.

Projeto desenvolvido no Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ).

² Museu Nacional/UFRJ, Departamento de Geologia e Paleontologia. Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: avila@mn.ufrj.br.

³ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Mineralogia e Geotectônica. Rua do Lago 562, Cidade Universitária, 05508-900, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada. Rua São Francisco Xavier 524/2019A, Maracanã, 20540-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

INTRODUÇÃO

Na borda meridional do Cráton São Francisco, no âmbito do Cinturão Mineiro, afloram diversos corpos plutônicos paleoproterozóicos (QUEMÉNÉUR, NOCE & GARCIA, 1994; ÁVILA, 2000; TEIXEIRA *et al.*, 2000; NOCE *et al.*, 2000; ÁVILA *et al.*, 2003). Nesse contexto, destacam-se corpos de composição gabrôica, (quartzo) diorítica e (quartzo) monzodiorítica, representados pelo Gabro São Sebastião da Vitória (2.220 ± 3 Ma), Gabro Vitoriano Veloso, Gabro-Piroxenito Manuel Inácio, Gabro Rio Grande, Gabro Rio dos Peixes, Quartzo Diorito do Brito (2.196 ± 6 Ma), Diorito Brumado (2.131 ± 4 Ma), Diorito Rio Grande (2.155 ± 3 Ma) e pelo Quartzo Monzodiorito Glória (EBERT, 1963; ÁVILA, 2000; COUTO, 2000; VALENÇA *et al.*, 2000; TOLEDO, 2002). Estes corpos associam-se tectonicamente a outros plútons graníticos na borda sul do Cráton São Francisco (QUÉMÉNÉUR & NOCE, 2000), estando relacionados à evolução paleoproterozóica do Cinturão Mineiro.

Recentemente, foram realizados estudos geológicos e petrográficos na maioria dos corpos mencionados anteriormente (ÁVILA, 1992, 2000; SILVA, 1996; ÁVILA *et al.*, 1998a; DAL CERE, 1999; COUTO, 2000; TOLEDO, 2002), seguidos de trabalhos isotópicos $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (evaporação de Pb em zircão) e U/Pb (zircão) para a obtenção da idade de cristalização dos mesmos (ÁVILA *et al.*, 1998b, 1999a; ÁVILA, 2000; VALENÇA *et al.*, 2000; CHERMAN, 2002).

O presente estudo caracteriza geologicamente o Quartzo Monzodiorito Glória, destacando sua faciologia, bem como as transformações decorrentes dos eventos – metamórfico e metassomático potássico – superimpostos. Propõe-se que as transformações mineralógicas processadas nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória (metamórficas e metassomáticas potássicas) teriam transcorrido durante a evolução Paleoproterozóica do Cinturão Mineiro, com base em determinações radiométricas disponíveis para a região.

GEOLOGIA REGIONAL

A borda meridional do Cráton São Francisco é representada principalmente por gnaisses bandados e migmatitos dos complexos metamórficos (TEIXEIRA *et al.*, 1998, 2000) e por rochas metaultramáficas komatiíticas, anfibolíticas e metassedimentares (pelitos, gonditos e quartzitos) pertencentes aos *greenstone belts* Rio das Velhas e Barbacena (PIRES, RIBEIRO & BARBOSA, 1990;

SCHRANK & SILVA, 1993). Essas unidades são cortadas por diversos corpos plutônicos paleoproterozóicos, que variam em composição desde gabros até granitos (Fig.1). Nas proximidades de São João del Rei, rochas metassedimentares paleo, meso e neoproterozóicas das bacias São João del Rei, Carandaí e Andrelândia recobrem parcialmente algumas das unidades anteriormente descritas por discordância litológica e angular (RIBEIRO *et al.*, 1995; VALLADARES *et al.*, 2001). Dentre os corpos plutônicos paleoproterozóicos de composição (quartzo) diorítica e (quartzo) monzodiorítica, destacam-se na região entre as cidades de Ritópolis, Coronel Xavier Chaves e São João del Rei, o Diorito Brumado e o Quartzo Monzodiorito Glória (Fig.2). Estes dois corpos ocorrem em área muito próxima, apresentam conteúdo de minerais máficos muito semelhante nas rochas da fácies média (entre 30 e 60%), porém diferem em relação ao conteúdo de feldspato potássico, normalmente muito maior no Quartzo Monzodiorito Glória.

Admite-se que grande parte das rochas, consideradas como embasamento dos litótipos metassedimentares proterozóicos das bacias São João del Rei, Carandaí e Andrelândia, foi afetada por três fases deformacionais e por pelo menos dois pulsos metamórficos regionais. O evento metamórfico mais antigo possui caráter progressivo e condições de fácies anfíbolito inferior a médio, enquanto que o evento mais novo é retrógrado e da fácies xisto verde a anfíbolito inferior (ÁVILA, 1992, 2000; SILVA, 1996; RIBEIRO *et al.*, 1998; CHERMAN, 1999; RODRIGUES, 2000; COUTO, 2000; TOLEDO, 2002). Nesse contexto, o Quartzo Monzodiorito Glória, o Diorito Brumado e o Diorito Rio Grande apresentam evidências petrográficas de transformações mineralógicas associadas unicamente ao pulso metamórfico mais novo.

FEIÇÕES DE CAMPO

Rochas dioríticas aflorantes nas proximidades do vilarejo de Ibitutinga foram originalmente descritas por ERICHSEN (1929) e estudadas petrograficamente por GUIMARÃES & GUEDES (1944), que as denominaram de Quartzo Diorito Ibitutinga. Posteriormente, ÁVILA (1992) e ÁVILA & VALENÇA (1992), com base em estudos geológicos de semidetalhe, subdividiram as rochas do Quartzo Diorito Ibitutinga em dois corpos distintos, denominando-os de Diorito Brumado e Quartzo Monzodiorito Glória.

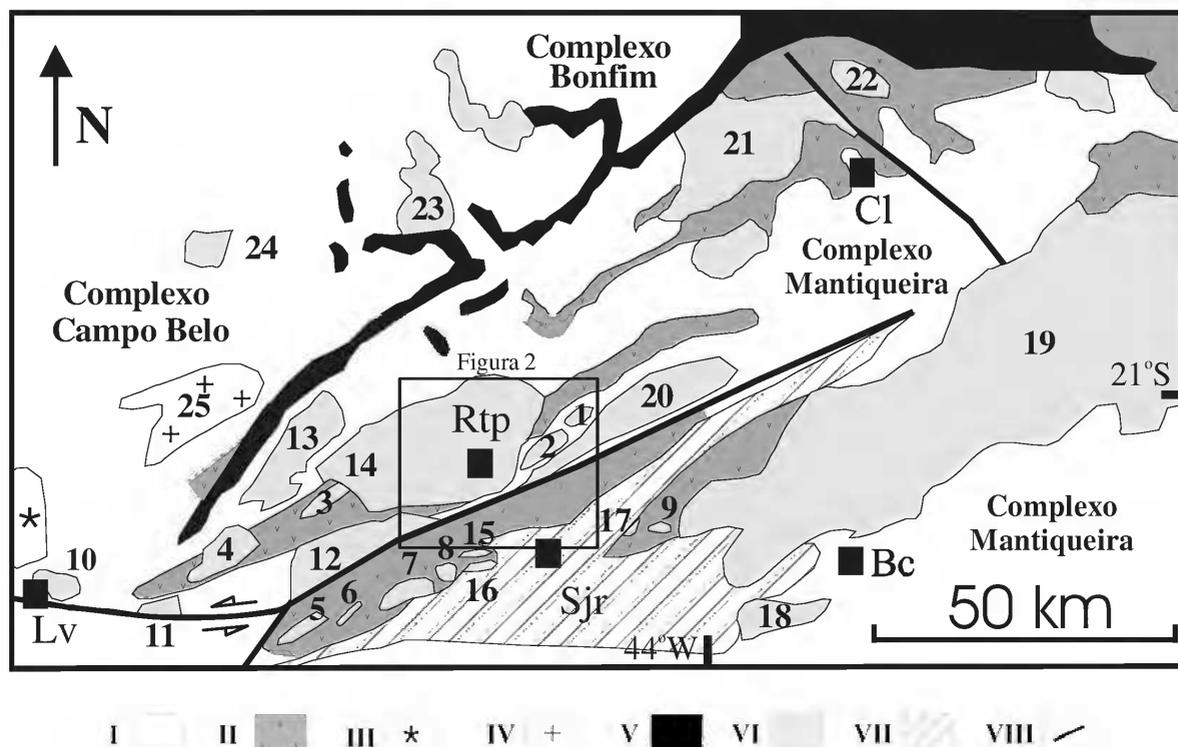


Fig.1- Mapa geológico esquemático da borda meridional do Crátão São Francisco mostrando a localização aproximada dos principais corpos plutônicos paleoproterozóicos. Modificado de ÁVILA *et al.* (2003). Forma aproximada dos corpos plutônicos modificada de ENDO (1997), NOCE, MACHADO & TEIXEIRA (1998), ÁVILA (2000) e TOLEDO (2002). (I) embasamento Arqueano parcialmente retrabalhado no Paleoproterozóico, (II) *greenstone belts* Rio das Velhas e Barbacena, (III) complexo granulítico de Lavras, (IV) granitóide arqueano, (V) supergrupo Minas, (VI) gabros, dioritos e granitóides paleoproterozóicos, (VII) rochas metassedimentares das bacias São João del Rei (paleoproterozóica), Carandá (mesoproterozóica) e Andrelândia (neoproterozóica), (VIII) falhas. Cidades: (Lv) Lavras, (Sjr) São João del Rei, (Rtp) Ritápolis, (Bc) Barbacena, (Cl) Conselheiro Lafaiete. Corpos plutônicos: (1) Quartzo Monzodiorito Glória, (2) Diorito Brumado, (3) Gabro Rio dos Peixes, (4) Diorito Rio Grande, (5) Gabro Rio Grande, (6) Gabro-Piroxenito Manuel Inácio, (7) Gabro São Sebastião da Vitória, (8) Quartzo Diorito do Brito, (9) Gabro Vitoriano Veloso, (10) Granodiorito Lavras, (11) Granito Itutinga, (12) Tonalito/Trondhjemitó Cassiterita, (13) Trondhjemitó Tabuões, (14) Granitóide Ritápolis, (15) Granodiorito Brumado de Baixo, (16) Granodiorito Brumado de Cima, (17) Granitóide de Tiradentes, (18) Granito Campolide, (19) Complexo Ressaquinha, (20) Gnaiss Granítico Fé, (21) Batólito Alto Maranhão, (22) Trondhjemitó Congonhas, (23) Granito Alto Jacarandá, (24) Granitóide Oliveira, (25) Granito Bom Sucesso. A Geologia da área marcada ao redor da cidade de Ritápolis será detalhada na figura 2.

O Quartzo Monzodiorito Glória aflora na porção nordeste da folha topográfica São João del Rei (SF-23-X-C-II-1) e noroeste da folha topográfica Tiradentes (SF-23-X-C-II-2), ambas do IBGE - escala 1:50.000. Subtende área de aproximadamente 9 km² e encontra-se encaixado em rochas do *Greenstone Belt* Barbacena (DAL CERE, 1999). ÁVILA (2000) subdividiu as rochas desse *greenstone belt* em duas unidades distintas com base em feições de campo e litológicas, denominando-as de sucessão *greenstone belt* I e II. Já TOLEDO (2002) designou as rochas metaultramáficas komatiíticas próximas à cidade de Nazareno e os metassedimentos associados à mesma de Faixa *Greenstone* Nazareno, e as rochas anfíbolíticas, xistos, metapelitos e gonditos, que ocorrem próximos ao Rio das Mortes, de Faixa

Greenstone Rio das Mortes (Fig.2).

Excelentes exposições de rochas do Quartzo Monzodiorito Glória podem ser observadas na pedreira da Mineração Semenge, destacando-se a abundância de enclaves xenolíticos de rochas metaultramáficas, quase que integralmente constituídos por actinolita, que variam em tamanho de cerca de 1cm até 15m e com formas desde arredondadas até angulosas (Figs.3-4). Esses enclaves encontram-se alinhados segundo a foliação principal (160°/58°) presente nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória e foram correlacionados à unidade designada por ÁVILA *et al.* (1999b) de Corpos Piroxeníticos-Gabróicos, que ocorre nas proximidades do corpo em questão. Anfíbolitos também são encontrados como enclaves xenolíticos

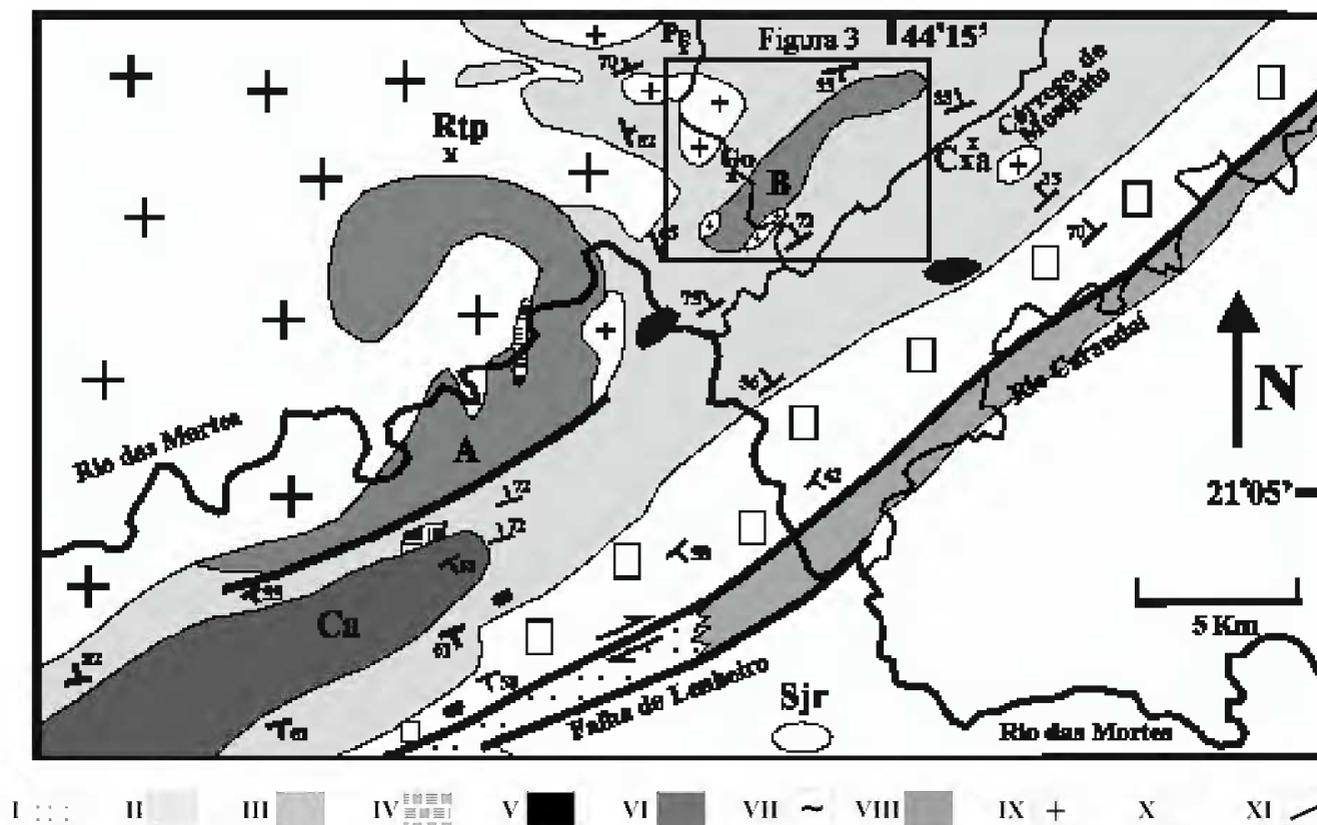


Fig.2- Mapa geológico da região entre as cidades de Ritópolis (Rtp), São João del Rei (Sjr) e Coronel Xavier Chaves (Cxa). Modificado de ÁVILA (2000). (I) rochas metaultramáficas, metapelitos e metaquartzitos da Faixa *Greenstone* Nazareno, (II) Rochas anfibolíticas, metapelitos e gonditos da Faixa *Greenstone* Rio das Mortes, (III) gnaiss leucocrático (milonítico), (IV) rochas metaultramáficas, (V) corpos piroxeníticos-gabróicos (A, B, C, D), (VI) Tonalito/Trondhjemito Cassiterita, (VII) Gnaiss Granítico Fé, (VIII) corpos dioríticos – monzodioríticos: (E) Diorito Brumado e (F) Quartzo Monzodiorito Glória), (IX) Granitóide Ritópolis, (X) rochas metassedimentares das bacias São João del Rei (paleoproterozóica), Carandaí (mesoproterozóica) e Andrelândia (neoproterozóica), (XI) falhas. Cidades e vilarejos: (Sjr) São João del Rei, (Rtp) Ritópolis, (Cxa) Coronel Xavier Chaves, (Go) Glória, (Pe) Penedo, (Ca) Caburu. A Geologia da área próxima à cidade de Coronel Xavier Chaves será detalhada na figura 8.

nesse mesmo afloramento (Fig.5) e foram associados à Faixa *Greenstone* Rio das Mortes, que envolve o Quartzo Monzodiorito Glória. Por outro lado, rochas desse mesmo corpo são cortadas por aplitos quartzofeldspáticos, pegmatitos (Fig.6) e por diques de composição petrográfica variando de granodiorítica até sienogranítica (Fig.7). Esses corpos foram correlacionados ao Granitóide Ritópolis, que aflora em área adjacente (Fig.2).

As rochas do Quartzo Monzodiorito Glória apresentam coloração variando de esverdeada a acinzentada, granulação entre 0,1 e 5,0mm e encontram-se foliadas segundo a direção ENE-WSW, destacando-se a orientação dos grãos de actinolita e biotita formados durante o evento metamórfico regional. As rochas desse corpo foram subdivididas em três fácies granulométricas distintas (ÁVILA, 2000), admitidas no presente trabalho como cogenéticas e denominadas respectivamente de fácies

fina, fácies fina/média e fácies média. Devido à carência de afloramentos contínuos na área de exposição do mesmo, não foi possível representar a distribuição espacial de suas fácies em mapa, porém as observações de campo e petrográficas sugerem que as rochas da fácies fina/média predominam (Fig.8). Em termos de cronologia relativa, as rochas da fácies fina são as mais antigas, pois as mesmas são cortadas por apófises e/ou diques de rochas das duas outras variedades faciológicas (Fig.9). Dentre essas, as rochas da fácies média são mais novas, pois diques desta última mostram relações intrusivas com rochas da fácies fina e fina/média (Fig.5), além de portarem enclaves autolíticos de rochas da fácies fina/média (Fig.10). Destaca-se que as rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória apresentam enclaves xenolíticos de rochas piroxeníticas (pseudotransformadas em actinolitos) e de anfibolitos.

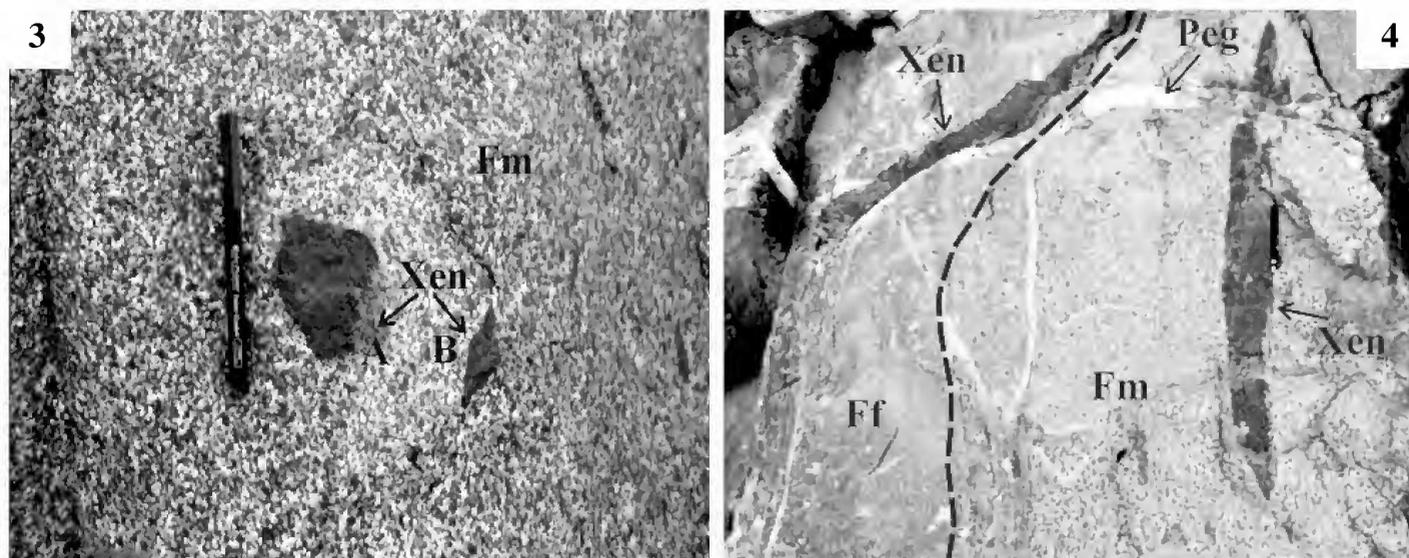


Fig.3- Enclaves xenolíticos (Xen) de rocha metaultramáfica, que variam em forma de sub-arredondados (A) a alongados (B) presentes em rochas da fácies média (Fm) do Quartzo Monzodiorito Glória. Os enclaves são compostos quase que exclusivamente por anfibólio (actinolita) e foram correlacionados aos corpos piroxeníticos-gabróicos presentes em área próxima; fig.4- enclaves xenolíticos (Xen) de rocha metaultramáfica com forma alongada em rochas da fácies fina (Ff) e da fácies média (Fm) do Quartzo Monzodiorito Glória. Os enclaves são compostos quase que exclusivamente por anfibólio (actinolita) e foram correlacionados aos corpos piroxeníticos-gabróicos presentes em área próxima. Destaca-se que um pequeno corpo pegmatítico (Peg), com cerca de 5cm de largura, corta o enclave xenolítico e as rochas das duas fácies do Quartzo Monzodiorito Glória. O contato aproximado entre rochas das duas fácies está tracejado.

PETROGRAFIA

O estudo petrográfico do Quartzo Monzodiorito Glória mostrou evidências de transformações mineralógicas desenvolvidas após a sua cristalização magmática. Essas transformações foram atribuídas a dois eventos distintos (metamórfico e metassomático potássico), que modificaram parcialmente a mineralogia primária de grande parte das rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória.

A assembléia mineralógica global encontrada nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória é representada por zircão, apatita, allanita, ilmenita, hornblenda verde, plagioclásio cálcico, feldspato potássico, quartzo_{1, 2 e 3}, biotita_{1, 2, 3 e 4}, actinolita, titanita_{1, 2 e 3}, plagioclásio sódico (albita), epidoto_{1, 2 e 3}, mica branca, clorita e carbonato. As rochas das três fácies granulométricas são mesocráticas, possuem conteúdo de minerais máficos variando entre 30 e 53% e diferem principalmente em relação à porcentagem de feldspato potássico, onde as rochas da fácies fina/média apresentam, normalmente, conteúdo mais elevado desse mineral.

As principais características das três fácies estão sumarizadas na tabela 1, enquanto as variedades petrográficas podem ser visualizadas na figura

11. Variações nas análises modais de rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória encontram-se na tabela 2. Nessas rochas, o conteúdo de anfibólio é normalmente superior ao de biotita; o de plagioclásio é próximo ou superior ao dos minerais máficos; o feldspato potássico varia amplamente, desde ausente até cerca de 21%; e o quartzo raramente ultrapassa a 14%. Dentre os minerais acessórios, ressalta-se o elevado conteúdo de titanita e a presença constante de apatita, zircão e allanita, essa última podendo alcançar até 1mm.

Apesar das transformações mineralógicas, foi possível caracterizar a presença de minerais, texturas e/ou tramas reliquias ígneas nas rochas das fácies fina/média e média do Quartzo Monzodiorito Glória coexistentes com associações minerais metamórficas. Essas evidências apontam que zircão, apatita, allanita, ilmenita, hornblenda verde, plagioclásio cálcico, biotita₁, quartzo₁ e feldspato potássico corresponderiam a minerais magmáticos (Tab. 3), que não foram completamente modificados durante os eventos metamórfico e metassomático potássico. A hornblenda verde, interpretada como magmática, possui pleocroísmo variando de verde-amarronzado a verde-amarelado e apresenta em sua seção basal linhas de inclusões

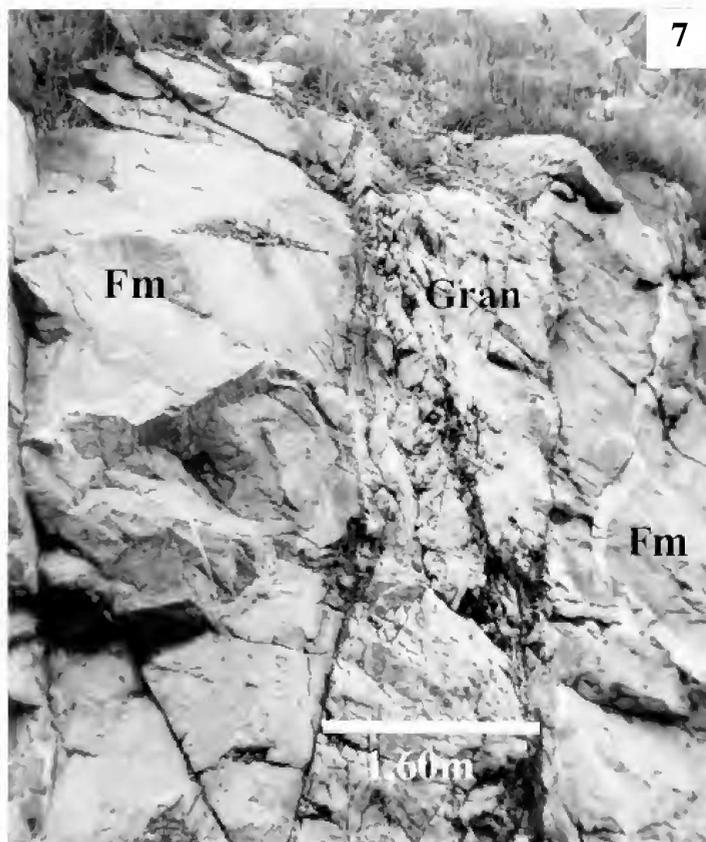
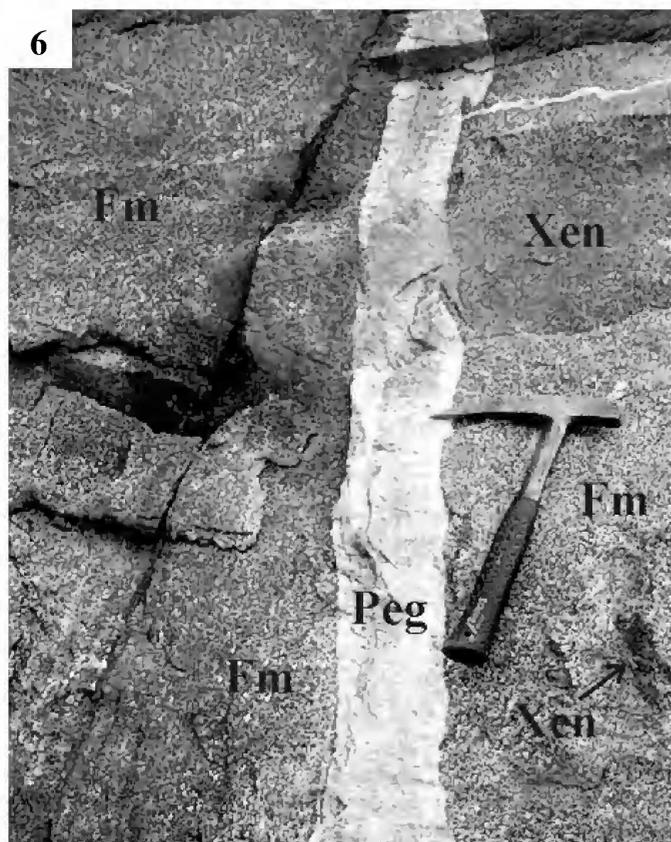
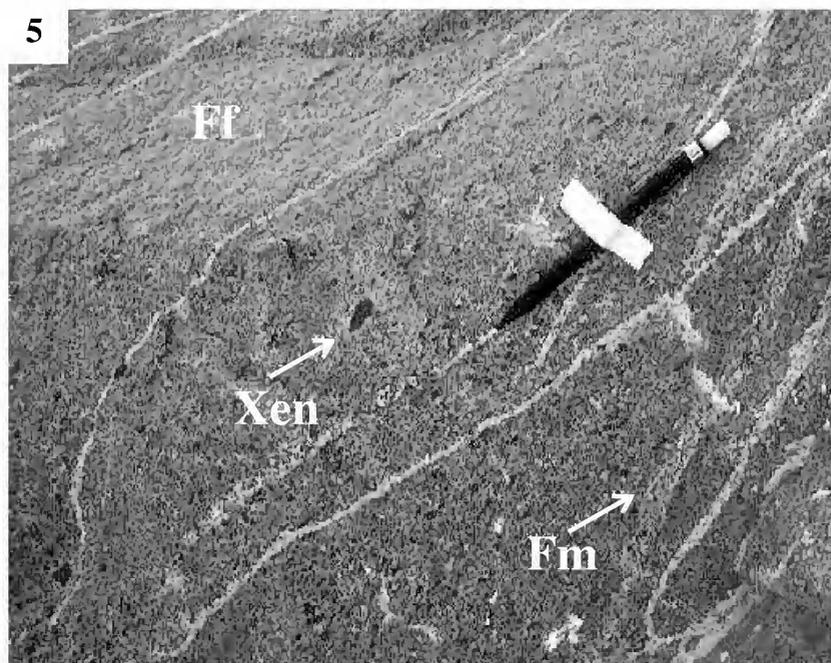


Fig.5- Enclave xenolítico (Xen) sub-arredondado de anfibolito, correlacionado à Faixa *Greenstone* Rio das Mortes, em rochas da fácies fina (Ff) do Quartzo Monzodiorito Glória. Pequenos aplitos da fácies média (Fm) cortam rochas da fácies fina. O enclave encontra-se orientado segundo a foliação regional presente nas rochas da fácies fina; fig.6- dique de pegmatito (Peg) sub-vertical com cerca de 15cm de espessura cortando enclave xenolítico (Xen) e rochas da fácies média (Fm) do Quartzo Monzodiorito Glória; fig.7- dique de rocha granítica (Gran), correlacionado ao Granitóide Ritópolis, cortando rochas da fácies média (Fm) do Quartzo Monzodiorito Glória.

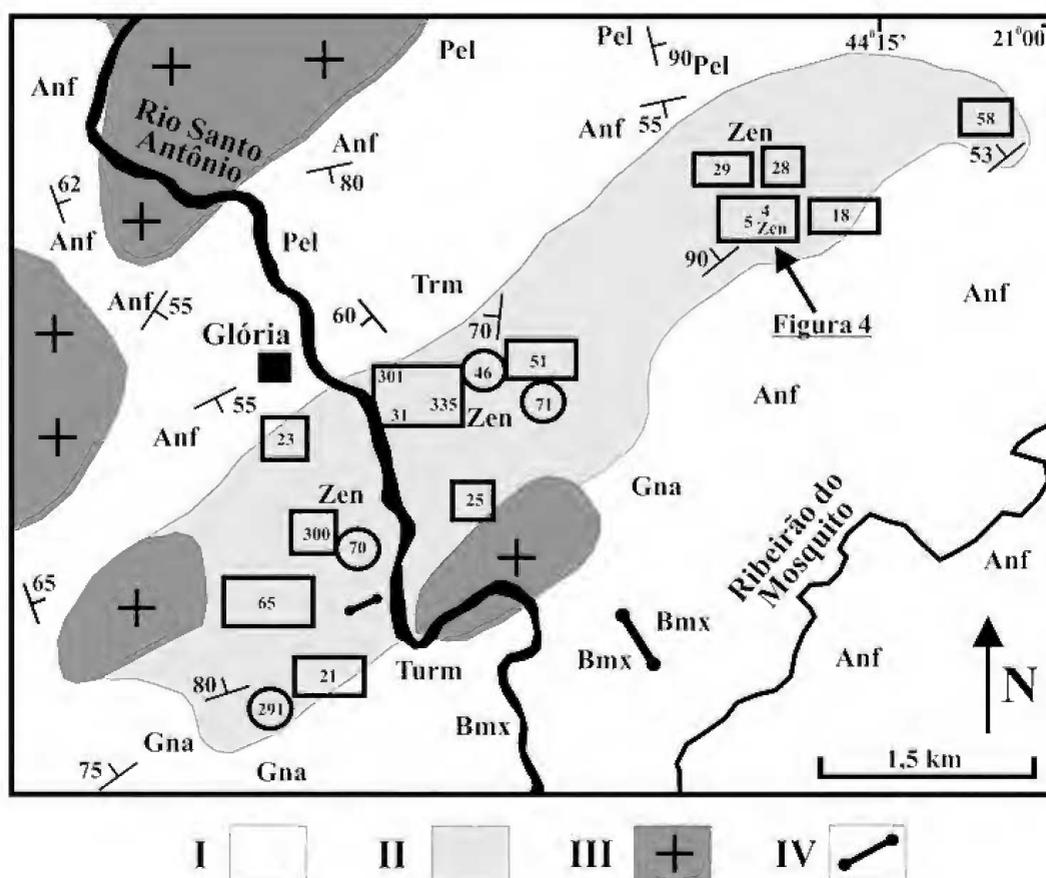


Fig.8- Mapa geológico do Quartzo Monzodiorito Glória e de suas rochas encaixantes, destacando-se a distribuição das diferentes fácies granulométricas e a localização aproximada dos principais afloramentos estudados (modificado de DAL CERE, 1999). (I) Faixa *Greenstone* Rio das Mortes, (II) Quartzo Monzodiorito Glória, (III) Granitóide Ritápolis, (IV) diques máficos. (○) fácies fina, (□) fácies fina/média, (◻) fácies média. Número no interior das figuras geométricas refere-se a numeração da amostra na tabela 2. Predomínio litológico: (Trm) tremolítico, (Anf) anfíbolito, (Bmx) biotita-muscovita xisto, (Gna) gnaíse bandado, (Pel) metapelito, (Turm) turmalinito. (Zen) zona de enclaves. Parte do afloramento BC-05 do Quartzo Monzodiorito Glória será detalhado na figura 9.

de ilmenita, dispostas segundo as suas duas direções de clivagem.

Os dados apresentados na tabela 1 e na figura 11 indicam que as rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória incluem uma grande variedade de tipos petrográficos, representados por quartzo dioritos, tonalitos, quartzo monzodioritos e, mais raramente, quartzo monzonitos. Não obstante, essas rochas possuem características petrográficas muito semelhantes; apresentam enclaves xenolíticos de anfíbolitos e de rochas metaultramáficas compostas basicamente por actinolita; além de serem cortadas por diques de rochas graníticas correlacionados ao Granitóide Ritápolis. A partir desses dados, sugere-se que as rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória poderiam ser membros cogenéticos de uma associação

ígnea, originada a partir da diferenciação de um provável magma subcalino andesítico/diorítico, no qual processos de cristalização fracionada foram, possivelmente, os mecanismos mais importantes. ÁVILA (1992, 2000) e COUTO (2000) interpretaram que processos semelhantes seriam os responsáveis pela diversidade litológica dos dioritos Brumado e Rio Grande.

METAMORFISMO

Com base nas feições texturais e nos dados petrográficos, admite-se que actinolita, quartzo₂, titanita_{1 e 2}, albita, epidoto_{1 e 2}, mica branca, carbonato, biotita_{2 e 3} representariam fases minerais formadas e/ou relacionadas ao evento metamórfico superimposto na paragênese primária das rochas do Quartzo Monzodiorito Glória (Tab.3). Dentre as

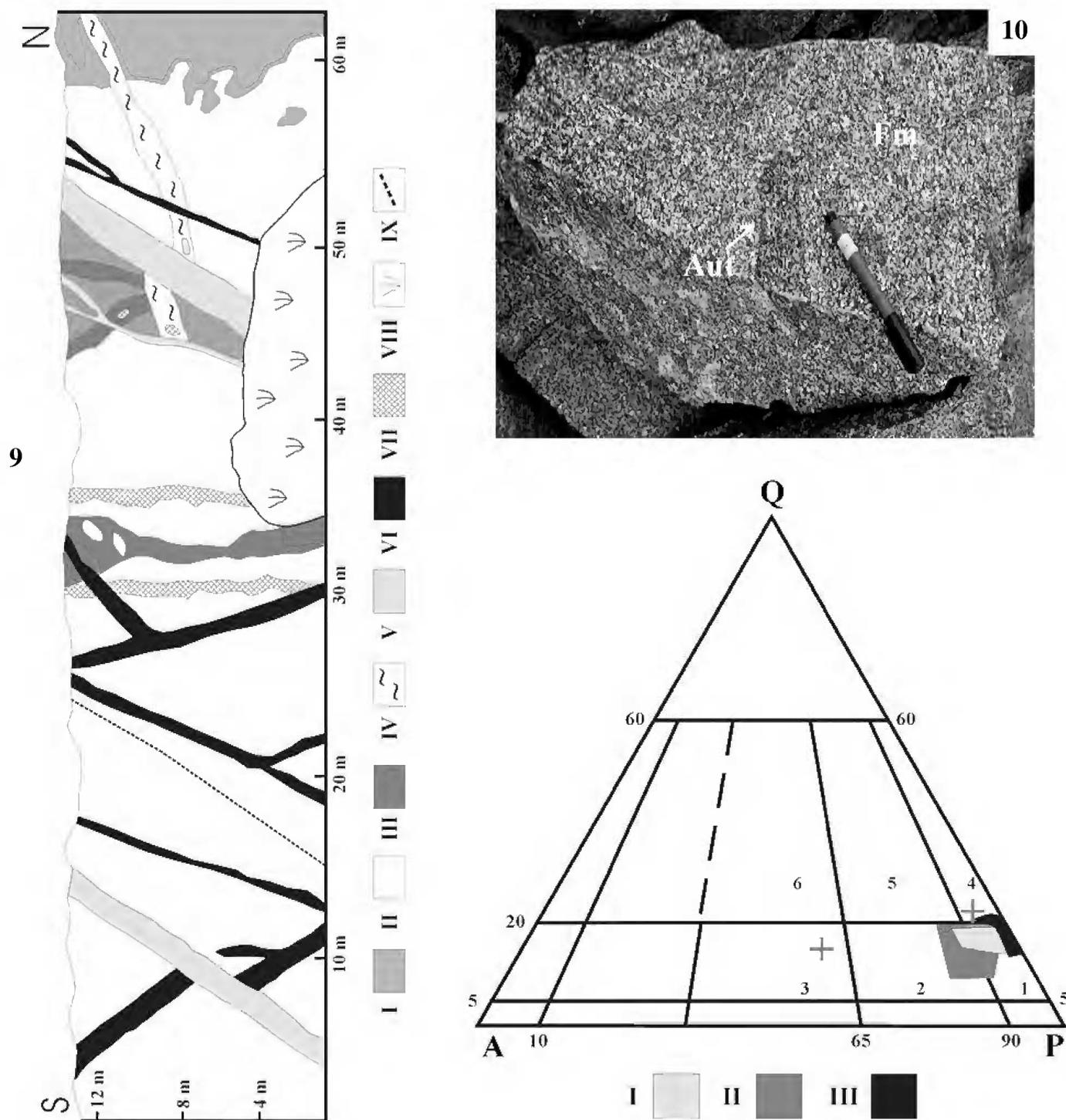


Fig.9- Perfil esquemático na pedreira da Mineração Semenge (afloramento BC-05 da figura 8) mostrando as principais relações de campo entre as rochas das diferentes fácies do Quartz Monzodiorito Glória e destas com aplitos quartzo feldspáticos, corpos pegmatíticos e diques correlacionados ao Granitóide Ritápolis. (I) fácies fina do Quartz Monzodiorito Glória, (II) fácies fina/média do Quartz Monzodiorito Glória, (III) fácies média do Quartz Monzodiorito Glória, (IV) granitóide orientado, (V) Granitóide Ritápolis, (VI) pegmatitos e aplitos quartzo-feldspáticos, (VII) rocha metaultramáfica composta basicamente por actinolita (correlacionada aos corpos piroxeníticos-gabróicos de ÁVILA *et al.*, 1999b), (VIII) solo, (IX) falha ou fratura; fig.10- enclave autolítico (Aut) de rocha da fácies fina/média do Quartz Monzodiorito Glória parcialmente digerido pelo magma que formou as rochas da fácies média do mesmo corpo; fig.11- diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) para as rochas das diferentes fácies do Quartz Monzodiorito Glória. (I) rochas da fácies fina, (II) rochas da fácies fina/média, (III) rochas da fácies média. Campos do diagrama: (1) quartz diorito, (2) quartz monzodiorito, (3) quartz monzonito, (4) tonalito, (5) granodiorito, (6) monzogranito. (+) amostras isoladas da fácies fina.

diversas reações metamórficas destacam-se: transformação da hornblenda verde em actinolita com pleocroísmo verde-claro (Fig.12); formação de *blebs* de quartzo₂ contemporaneamente à formação da actinolita (Fig.13); decalcificação do plagioclásio cálcico com a formação de plagioclásio sódico, epidoto₁, mica branca e carbonato, inclusive com a nucleação subordinada de biotita₂; substituição completa ou parcial de grãos de ilmenita primária por titanita₁ (Fig.14); formação de biotita₃ substituindo grãos de hornblenda devido à liberação do potássio presente nessa; formação de titanita₂ a partir da exsolução de Ti da biotita₁; e formação de epidoto₂ ao redor da allanita.

Nas rochas em questão, caracterizou-se a presença da associação actinolita + albita + epidoto + titanita. Esses minerais teriam sido formados a partir da transformação metamórfica da hornblenda verde, do plagioclásio cálcico e da ilmenita, todos magmáticos. A presença de albita e a paragênese actinolita + albita implicam condições metamórficas entre 300°C e 500°C, compatíveis com a fácies xisto verde, enquanto o surgimento de hornblenda metamórfica processa-se por volta de 500°C, compatível com a fácies anfíbolito inferior (TOMASSON & KRISTMANS DOTIR, 1972; WINKLER, 1977; YARDLEY, 1989). Já os minerais do grupo do epidoto são estáveis em uma grande faixa de condições de P e T, não sendo dessa maneira, indicados como minerais índices para o intervalo metamórfico em questão (FRANZ & SILVERSTONE, 1992). Como nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória a hornblenda observada foi interpretada como de origem magmática, admite-se que os protólitos do mesmo teriam sido submetidos a condições de pressão e temperatura condizentes com

aquelas da fácies xisto verde. Propõe-se idade máxima de 2.131 ± 4 Ma para esse evento metamórfico, pois esta é a idade admitida como a de cristalização do Diorito Brumado (ÁVILA, 2000), que também apresenta sua paragênese primária modificada por transformações semelhantes (ÁVILA *et al.*, 1997).

Sugere-se que o evento metamórfico atuante nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória tenha sido isoquímico e que as transformações mineralógicas ocorridas estariam somente relacionadas à incorporação de água do fluido, sem adição ou remoção substancial de outros componentes químicos, o que proporcionaria a caracterização das composições originais dos protólitos, a partir dos seus minerais.

METASSOMATISMO POTÁSSICO

O Quartzo Monzodiorito Glória apresenta uma geração de minerais neoformados, representada por biotita₄, titanita₃, epidoto₃, quartzo₃ e clorita (Tab.3), que são aqui interpretados como provenientes da interação de fluidos metassomáticos ricos em potássio com as rochas do Quartzo Monzodiorito Glória.

O crescimento de biotita substituindo a actinolita formada durante o evento metamórfico (orientada segundo a foliação), e a abundância desta na região de contato entre os pegmatitos/diques do Granitóide Ritápolis e as rochas do Quartzo Monzodiorito Glória, sugerem que o magma que originou as rochas do Granitóide Ritápolis seria o responsável pelos fluidos potássicos que ocasionaram essas transformações. Nesse modelo, a formação de biotita metassomática (biotita₄) nas rochas das três fácies do Quartzo

Tabela 1. Características das diferentes fácies granulométricas do Quartzo Monzodiorito Glória.

	FÁCIES FINA	FÁCIES FINA/MÉDIA	FÁCIES MÉDIA
cor das rochas	cinza esverdeada	branca acinzentada	cinza esbranquiçada
intervalo da granulação (predomínio)	0,1-1,4mm (0,3-0,8mm)	0,1-3,5mm (0,5-2,0mm)	1,0-5,0mm (1,5-2,5mm)
foliação	amplamente desenvolvida	incipiente	incipiente
forma dos minerais	xenoblásticos	hipidiomórficos	hipidiomórficos
texturas preservadas	não	equigranular	equigranular
classificação petrográfica	quartzo dioritos e quartzo monzodioritos	quartzo dioritos, tonalitos, quartzo monzodioritos e quartzo monzonito	tonalitos e quartzo dioritos

Tabela 2. Modas (a) de rochas das três fácies granulométricas do Quartzo Monzodiorito Glória.

Amostra	CT	BC	BC	PC	PC	PC	CT	BC	BC	BC	BC	PC	PC	PC	PC	CT	BC	BC	BC	BC	PC	PC	PC	PC	PC	CT	BC	BC	BC	BC	PC	PC	PC	PC	PC	PC		
	291	4C1	5D	70	18B	46	70A	30IB	35A	4A1	5B	5C	21A	58B	65A	18A	29	31	51	300	4C	5G1	23A	25A	25B	18E	28											
Fácies	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
Classificação (*)	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	□	■	●	●	●	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
∑ Min. Máf.	34	51	30	34	49	34	30	34	36	31	35	36	42	42	42	30	31	40	43	41	35	30	41	40	34	36	49											
Anfibólio	13,3	22,2	-	10,0	23,8	9,0	8,0	22,0	21,0	15,0	8,0	12,0	13,0	13,0	20,0	10,0	7,0	21,0	10,0	24,0	13,0	13,0	8,0	12,0	10,0	13,0	20,0											
Plagioclásio	45,0	36,8	51,5	54,0	37,0	49,0	57,0	29,0	34,0	40,0	54,0	40,0	41,0	27,0	53,0	52,0	48,0	44,0	47,0	56,0	59,0	44,0	52,0	53,0	54,0	42,0												
Biotita	14,2	12,0	20,1	11,3	11,2	11,8	11,0	21,0	17,0	11,0	15,0	10,0	15,0	12,0	15,0	11,0	7,0	18,0	9,0	14,0	8,0	8,0	11,0	12,0	15,0	15,0												
K-Feldspato	-	2,0	4,2	2,0	5,0	6,0	3,0	10,0	13,0	12,0	1,0	Tr	11,0	4,0	21,0	3,0	9,0	6,0	9,0	-	Tr	1,0	Tr	-	Tr	-	2,0											
Quartzo	21,2	9,2	14,0	10,2	9,0	11,0	10,0	8,0	8,0	12,0	14,0	10,0	13,0	10,0	10,0	11,0	8,0	6,0	5,0	12,0	9,0	10,0	15,0	8,0	13,0	10,0	7,0											
Epídoto	3,1	10,0	8,1	9,5	9,0	10,2	8,0	6,0	5,0	8,0	6,0	7,0	8,0	10,0	7,0	5,0	11,0	10,0	9,0	4,0	6,0	7,0	12,0	12,0	9,0	6,0	10,0											
Titanita	-	Tr	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0																							
Min. Opaco	1,1	4,0	2,1	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	Tr	Tr	Tr	1,0	Tr	1,0																		
Apatita	1,0	1,0	Tr	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Tr	Tr	Tr	Tr	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Tr	Tr	Tr	2,0	2,0	1,0	Tr	1,0											
Zircão	Tr	1,0	Tr	1,0	Tr	Tr	1,0	Tr	Tr	Tr	Tr																											
Allanita	1,0	Tr	1,0	Tr	1,0	Tr	1,0	Tr	1,0	1,0	Tr	Tr	Tr																									
Clorita	Tr	1,8	Tr	1,0	7,0	Tr	Tr	-	Tr																													
Mica Branca	Tr																																					
Carbonato	Tr																																					

(a) média baseada na contagem de 300 pontos; fácies: (*) fácies fina; (◆) fácies fina/média; (▲) fácies média; (■) refere-se aos protólitos; (■) quartzo diorito; (□) tonalito; (●) quartzo monzodiorito; (○) quartzo monzonito; (∑ Min. Máf.) somatório dos minerais máficos; (K-feldspato) feldspato potássico; (Min. Opaco) mineral opaco; (Tr) <1%; (-) mineral ausente ou não observado.

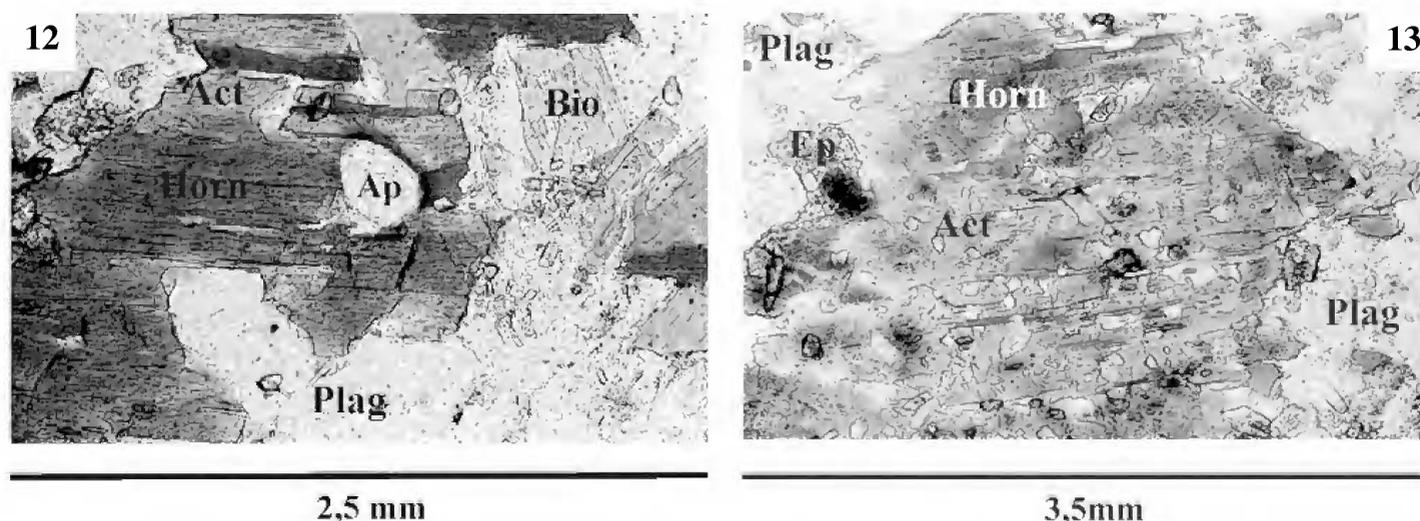


Fig.12- Grão de hornblenda (Horn) primária com inclusão de apatita (Ap) e parcialmente substituído ao longo da sua clivagem por actinolita (Act). O plagioclásio (Plag) encontra-se localmente epidotizado e biotita se desenvolve nas bordas do grão de hornblenda. Polarizadores paralelos; fig.13- cristal primário de hornblenda (Horn – tonalidade mais escura) quase completamente substituído por actinolita (Act). Associado a essa transformação formam-se *blebs* de quartzo em meio à actinolita. O plagioclásio (Plag) encontra-se fortemente transformado em minerais do grupo do epidoto (Ep). Polarizadores paralelos.

Monzodiorito Glória envolveria a adição de potássio ao sistema. Outros minerais, tais como epidoto, titanita, quartzo e clorita foram formados em associação com a biotita na região de contato com os diques do Granitóide Ritápolis, a partir da remobilização interna de certos elementos químicos, que estariam relacionados à interação da rocha invadida com a fase fluída potássica.

A injeção de diques do magma relacionado ao Granitóide Ritápolis, e das fases fluidas associadas ao mesmo, ocasionou, nas rochas já metamorfisadas do Quartzo Monzodiorito Glória, as condições necessárias para que alguns elementos fossem trocados (adição e remoção de componentes), propiciando, dessa maneira, a formação de novos minerais nas zonas de contato e/ou cercanias destas. A circulação dos fluidos potássicos processou-se, provavelmente, ao longo de regiões de maior porosidade e/ou permeabilidade das rochas (fraturas e foliação), ocasionando o desenvolvimento do metassomatismo potássico por infiltração. Nessas regiões, caracteriza-se a ampla substituição do anfibólio metamórfico por biotita (Fig.15).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O posicionamento estratigráfico do Quartzo Monzodiorito Glória, em relação aos demais litótipos regionais, é bem definido e muito

semelhante ao observado para outros corpos dioríticos ao longo do Cinturão Mineiro, dentre os quais o Diorito Brumado (2.131 ± 4 Ma) e o Diorito Rio Grande (2.155 ± 3 Ma). Todos estes três corpos dioríticos possuem enclaves xenolíticos de anfibolitos correlacionados à Faixa *Greenstone* Rio das Mortes, bem como de rochas metaultramáficas (actinolítitos), além de serem cortados por apófises graníticas de idade paleoproterozóica (ÁVILA, 1992, 2000; COUTO, 2000; CHERMAN, 2002). O Quartzo Monzodiorito Glória, o Diorito Brumado e o Diorito Rio Grande encontram-se, em mapa, alinhados segundo a direção ENE-WSW, e apresentam suas paragêneses primárias modificadas por um evento metamórfico na fácies xisto verde, que ocasionou a ampla substituição da hornblenda magmática por actinolita (ÁVILA, 1992, 2000; COUTO, 2000). Destaca-se que no Quartzo Monzodiorito Glória e no Diorito Rio Grande, a actinolita encontra-se alinhada segundo a foliação, indicando que a mesma teria se formado durante o evento metamórfico regional. Esse evento metamórfico também foi o responsável pelo surgimento de uma nova paragênese mineralógica no Quartzo Monzodiorito Glória, representada principalmente por actinolita + albita + epidoto + titanita.

ÁVILA (1992) sugeriu que nas rochas do Diorito Brumado, uma pequena parte da biotita teria sido formada a partir da liberação do potássio

presente no plagioclásio e na hornblenda durante o evento metamórfico de fácies xisto verde. Nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória, admite-se de forma semelhante, que uma pequena parte da biotita teria sido formada a partir da liberação do potássio presente no plagioclásio (formação de biotita₂) e na hornblenda (formação de biotita₃) durante o metamorfismo superimposto. No primeiro caso, a liberação de K se daria durante a epidotização do plagioclásio, enquanto no segundo a partir

da transformação da hornblenda em actinolita. Admite-se que o pulso metamórfico da fácies xisto verde que modificou a mineralogia dos três corpos dioríticos (Quartzo Monzodiorito Glória, Diorito Brumado e Diorito Rio Grande) teria idade variando entre 2.131 ± 4 Ma e 2.121 ± 7 Ma, pois a paragênese primária do Diorito Brumado (hornblenda + biotita + plagioclásio cálcico + ilmenita), que tem idade mínima de cristalização de 2.131 ± 4 Ma (ÁVILA, 2000), foi substituída parcialmente por uma paragênese metamórfica em condições de fácies xisto

Tabela 3. Seqüência de cristalização ígnea e transformações metamórficas e metassomáticas potássica sugeridas para as rochas das três fácies do Quartzo Monzodiorito Glória.

MINERAIS/PROCESSOS	CRISTALIZAÇÃO ÍGNEA	METAMORFISMO REGIONAL	METASSOMATISMO POTÁSSICO
Zircão	----		
Apatita	----		
Allanita	----		
Ilmenita	----		
Hornblenda Verde	-----		
Plagioclásio Cálcico	-----		
Biotita ₁	-----		
Quartzo ₁	-----		
Feldspato Potássico	-----		
Actinolita (Hornb)		-----	
Quartzo ₂ (Actinolita)		-----	
Albita (Plag. Ca)		-----	
Epidoto ₁ (Plag. Ca)		-----	
Mica Branca (Plag. Ca)		-----	
Carbonato (Plag. Ca.)		-----	
Biotita ₂ (Plag. Ca)		-----	
Titanita ₁ (Ilmenita)		-----	
Biotita ₃ (Hornb)		-----	
Titanita ₂ (Biotita ₁)		-----	
Epidoto ₂ (Allanita)		-----	
Biotita ₄ (Actinolita)			-----
Titanita ₃ (Biotita ₂₋₃)			-----
Epidoto ₃ (Biotita ₂₋₃)			-----
Clorita (Biotita)			-----
Quartzo ₃ (Biotita)			-----

Obs: O nome do mineral entre parênteses refere-se a principal fase reagente utilizada para formar o mineral considerado como produto; (Hornb) hornblenda verde; (Plag.Ca) plagioclásio cálcico.

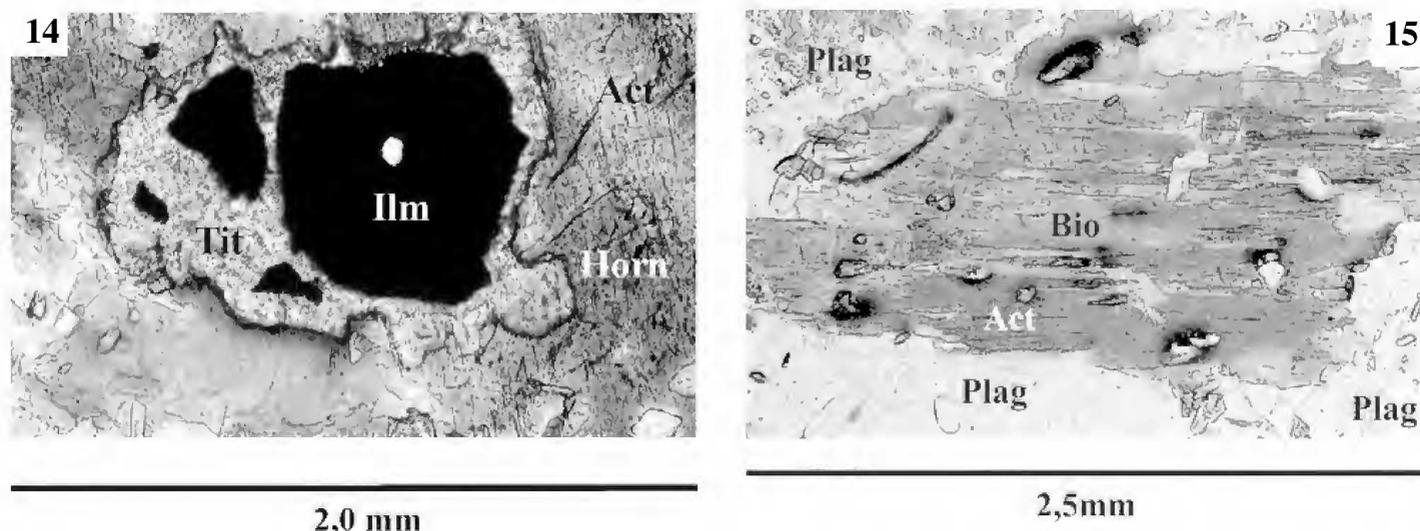


Fig.14- Cristal de ilmenita (Ilm), parcialmente substituído por titanita (Tit), em paragênese com grão de hornblenda (Horn), que também encontra-se parcialmente substituído pela actinolita (Act). Polarizadores paralelos; fig.15- cristal de actinolita (Act) parcialmente substituído, ao longo de suas clivagens, por biotita (Bio). Polarizadores paralelos.

verde, representada principalmente por actinolita, albita, biotita, epidoto e titanita. Tanto no Diorito Brumado, quanto no Quartzo Monzodiorito Glória, a actinolita metamórfica foi posteriormente substituída por biotita, principalmente nas bordas dos diques associados ao Granitóide Ritápolis, cuja idade mínima de cristalização é de 2.121 ± 7 Ma (evaporação de Pb em zircão). Como as rochas do Quartzo Monzodiorito Glória encontram-se foliadas e mostram sua mineralogia primária modificada pelo mesmo evento metamórfico de fácies xisto verde, sugere-se que o referido corpo tenha idade de cristalização mais antiga que o evento metamórfico superimposto em suas rochas.

Feições relacionadas ao evento metassomático potássico, tais como a formação de biotita a partir da transformação da actinolita metamórfica, também foram caracterizadas nas rochas do Diorito Brumado (ÁVILA, 1992, 2000). Nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória definiu-se a presença de uma incipiente foliação tectônica, segundo a qual se alinharam a actinolita e, mais raramente, a biotita metamórfica. Os diques de rochas graníticas, que ocorrem paralelos ou truncando essa foliação metamórfica foram considerados como os responsáveis pelos fluidos potássicos, necessários para a transformação do anfibólio metamórfico (actinolita) em biotita metassomática, podendo essa última predominar amplamente nas interfaces de contato. Essas transformações foram englobadas no presente trabalho sob a designação de metassomatismo potássico. Ao se afastar da

região de contato entre as rochas do Quartzo Monzodiorito Glória e a dos referidos diques, normalmente volta a predominar a actinolita sobre a biotita.

Seguindo-se essa proposta, sugere-se que o potássio necessário para a transformação do anfibólio metamórfico (actinolita) em biotita estaria relacionado a fluidos provenientes dos diques e das apófises do Granitóide Ritápolis, que tem idade mínima de cristalização de 2.121 ± 7 Ma. Dessa maneira, as transformações mineralógicas observadas nas rochas do Quartzo Monzodiorito Glória teriam se desenvolvido no intervalo de 2.131 ± 4 Ma e 2.121 ± 7 Ma e estariam associadas à evolução paleoproterozóica do Cinturão Mineiro.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Joel Gomes Valença, André Ribeiro, Rudolph Trouw e Fábio Paciullo (Universidade Federal do Rio de Janeiro), pelo apoio nas atividades de campo e pelas diversas discussões envolvendo a evolução geológica da região de São João del Rei; ao geólogo Márcio Antônio Silva (Companhia de Recursos Minerais de Belo Horizonte) e aos revisores anônimos, pelas sugestões ao texto; ao professor Antônio Carlos Sequeira Fernandes (MNRJ) pela transformação dos slides com as feições de campo e petrográficas em fotografias; e ao professor Victor de Carvalho Klein (MNRJ), pelo incentivo para o desenvolvimento

de atividades de pesquisa no Museu Nacional - Rio de Janeiro. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ – Proc.170-905/2001, para C.A.Ávila), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, C.A., 1992. **Geologia, petrografia e geoquímica das rochas Pré-Cambrianas (Unidade Metadiorítica Ibitutinga e Unidade Metatronhjêmica Caburu) intrusivas nas rochas do Greenstone Belt Barbacena, São João del Rei, Minas Gerais**. Rio de Janeiro. 265p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ÁVILA, C.A., 2000. **Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João del Rei, Minas Gerais**. Rio de Janeiro. 401p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ÁVILA, C.A. & VALENÇA, J.G., 1992. Rochas intrusivas precambrianas na região de São João del Rei, (MG). Unidade Metadiorítica Ibitutinga, definição, posicionamento estratigráfico e características petrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p.59-60.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; NISSEN, A.S. & COUTO, F.M., 1997. Petrografia e geoquímica das rochas dioríticas-tonalíticas pertencentes ao Metadiorito Brumado, São João del Rei, sudeste de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **69**(1):129-130.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; MOURA, C.A.M.; COUTO, F.M.; DUTRA, D.C.; CHERMAN, A.F.; MAZZA, C.M.; SILVEIRA, R.S.; DAL CERRE, P.R. & PORTUGUAL, B., 1998a. Corpos metaplutônicos do sul do Cráton do São Francisco (folhas São João del Rei e Tiradentes, Minas Gerais). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., Belo Horizonte. **Boletim de Resumos...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.461.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; MOURA, C.A.V.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V., 1998b. Idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em zircões de corpos metaplutônicos da região de São João del Rei, borda sul do Cráton do São Francisco, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., Belo Horizonte. **Boletim de Resumos...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.75-78.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; MOURA, C.A.V. & TEIXEIRA, W., 1999a. Geoquímica e geocronologia do Diorito Brumado, região de São João del Rei, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7., Porto Seguro. **Boletim de Resumos Expandidos...**, Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, v.1, p.300-302.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; NETO, A.A. & COUTO, F.M., 1999b. Geologia e petrografia de rochas piroxeníticas-gabróicas Arqueanas/Paleoproterozóicas da borda sul do Cráton do São Francisco. **Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Geologia**, Rio de Janeiro, **50**:1-30.
- ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; MOURA, C.A.V.; PEREIRA, R.M. & KLEIN, V.C., 2003. Geoquímica e idade do Tonalito/Trondhjemitó Cassiterita, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, **61**(4):267-284.
- CHERMAN, A.F., 1999. **Geologia e petrografia de áreas dos Greenstone Belt Rio Capivari-Rio das Mortes e Itumirim-Tiradentes e rochas granitóides associadas, entre Nazareno e Lavras (Estado de Minas Gerais)**. Rio de Janeiro. 161p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CHERMAN, A.F., 2002. **Geologia, petrografia, feições estruturais e geocronologia dos corpos metaplutônicos intrusivos no Greenstone Belt Barbacena, na região entre Lavras e Nazareno (sul de Minas Gerais)**. Rio de Janeiro. 60p. Exame de Qualificação (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- COUTO, F.M., 2000. **Metadioritos, metaquartzo dioritos e metatonalitos (associação MDQT) e suas rochas encaixantes do Greenstone Belt Barbacena, na região de Lavras – Nazareno (sul do Estado de Minas Gerais)**. Rio de Janeiro. 75p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DAL CERRE, P.R., 1999. **Geologia e petrografia do Metaquartzo Monzodiorito Glória e do Metagranitóide Ritápolis na região entre Coronel Xavier Chaves e Ritápolis, Minas Gerais. Rio de Janeiro**. 148p. Monografia (Graduação em Geologia), Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- EBERT, H., 1963. The manganese-bearing Lafaiete Formation as a guide-horizon in the Pré-Cambrian of Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **35**(4):545-559.
- ENDO, I., 1997. **Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais**. São Paulo. 243p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa

- de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ERICHSEN, A.I., 1929. Geologia da Folha São João D'El Rey, Estado de Minas Gerais. **Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral – Serviço de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, **36**:1-26.
- FRANZ, G. & SILVERSTONE, J., 1992. An empirical phase diagram for the clinozoisite-zoisite transformation in the system $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ - $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}^{+3}\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$. **American Mineralogist**, Lawrence, **77**(5-6):631-642.
- GUIMARÃES, D. & GUEDES, S.V., 1944. Nota preliminar sobre a região estanífera de São João Del Rei, Minas Gerais. **Avulso do Departamento Nacional da Produção Mineral – Departamento de Fomento Produção Mineral**, Rio de Janeiro, **58**:13-26.
- NOCE, C.M.; MACHADO, N. & TEIXEIRA, W., 1998. U/Pb Geochronology of gnaisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco Craton): age constraints for archaic and paleoproterozoic magmatism and metamorphism. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, **28**(1):95-102.
- NOCE, C.M.; TEIXEIRA, W.; QUÉMÉNEUR, J.J.G.; MARTINS, V.T.S. & BOLZACHINI, E., 2000. Isotopic signatures of paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, **13**(2):225-239.
- PEDROSA SOARES, A.C.; DARDENNE, M.A.; HASUY, I.; CASTRO, F.D.C.; CARVALHO, M.V.A. & REIS, A.C., 1994. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000**. Belo Horizonte: COMIG.
- PIRES, F.R.M.; RIBEIRO, A. & BARBOSA, M.I.M., 1990. Distribuição do “Greenstone Belt” Barbacena na região de São João Del Rei, Minas Gerais In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal. **Anais...**, Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v.5, p.2941-2951.
- QUÉMÉNEUR, J.J.G. & NOCE, C.M., 2000. Geochemistry and petrology of felsic and mafic suites related to the Paleoproterozoic Transamazonian orogeny in Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, **30**(1):87-90.
- QUÉMÉNEUR, J.J.G.; NOCE, C.M. & GARCIA, D., 1994. Caracterização das suítes granitóides do arco magmático transamazônico na borda meridional do Craton do São Francisco, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú. **Boletim de Resumos Expandidos**, Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.117-119.
- RIBEIRO, A.; TROUW, R.A.J.; ANDREIS, R.R.; PACIULLO, F.V.P. & VALENÇA, J.G., 1995. Evolução das bacias Proterozóicas e o tectonismo brasileiro na margem sul do Craton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, **25**(4):235-248.
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALENÇA, J.; ÁVILA, C.; ANDREIS, R. & TROUW, R., 1998. Domínios do embasamento na região de São João Del Rei, borda sul do Cráton do São Francisco, Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., Belo Horizonte. **Boletim de Resumos...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.21.
- RODRIGUES, A.C.P., 2000. **Rochas metamórficas máficas e ultramáficas do Greenstone Belt Barbacena na região de Itutinga, MG**. Campinas. 114p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- SCHRANK, A. & SILVA, M.G., 1993. Os Greenstone Belts do Cráton do São Francisco. In: DOMINGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (Eds.) **O Cráton do São Francisco**. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Bahia-Sergipe. p.85-118.
- SILVA, M.A., 1996. **Geologia e petrografia do corpo metagabroico pré-cambriano de São Sebastião da Vitória, Minas Gerais**. Rio de Janeiro. 125p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- STRECKEISEN, A., 1976. To each plutonic rock, its proper name. **Earth Science Review**, Amsterdam, **12**(1):1-33.
- TOLEDO, C.L.B., 2002. **Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, na região de Nazareno, MG. Campinas**. 308p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- TOMASSON, J. & KRISTMANSDOTTIR, H., 1972. High temperature alteration minerals and thermal brines, Reykjanes, Iceland. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, Berlin, **36**(2):123-134.
- TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; NUTMAN, A.P. & SATO, K., 1998. Poliphase archaic evolution in the Campo Belo Metamorphic Complex, southern São Francisco Cráton, Brazil: shrimp and U-Pb zircon evidence. **Journal of South American Earth Science**, Oxford, **11**(3):279-289.
- TEIXEIRA, W.; SABATÉ, P.; BARBOSA, J.; NOCE, C.M. & CARNEIRO, M.A., 2000. Archaic and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAS FILHO, A. & CAMPOS, D.A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral. p.101-137.

- VALLADARES, C.S.; MACHADO, N.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, P.V.P.; HEILBRON, M.L. & GAUTHIER, G., 2001. Ages of detrital zircon from siliciclastic successions of the Brasília Belt, southern border of São Francisco Craton: implications for the evolution of proterozoic basins. In: SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGIA ISOTOPICA, 3., Pucon, Chile. **Anais...**, Pucon: Sociedad Geologica de Chile, p.261-264.
- VALENÇA, J.G.; SILVA, M.A.; SCHIMITT, R.S.; TROUW, R.A.J. & NOCE, C.M., 2000. Transamazonian gabbro-noritic intrusive rocks from the southernmost São Francisco Craton (Brazil). In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., Rio de Janeiro, Brazil. **Abstracts...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia (CD-ROOM).
- WINKLER, G.F., 1977. **Petrogênese das rochas metamórficas**. Tradução: Carlos Burger Júnior. São Paulo: Edgard Blucher; Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 4.ed, 254p.
- YARDLEY, B.W.D., 1989. **An introduction to metamorphic petrology**. London: Longman Group. 240p.